

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBANTUAN GEOGEBRA
PADA MATERI TRANSFORMASI GEOMETRI SMA
(THE DEVELOPMENT OF E-MODUL WITH GEOGEBRA ON SMA
GEOMETRY TRANSFORMATION)**

**Budi Wahyu Agung Pramana¹, Susanto², Abi Suwito³
Nurcholif Diah Sri Lestari⁴, Randi Pratama Murtikusuma⁵**

¹Universitas Jember, bubudwah@gmail.com

²Universitas Jember, susantouj@gmail.com

³Universitas Jember, abi.fkip@unej.ac.id

⁴Universitas Jember, nucholifdsl@yahoo.com

⁵Universitas Jember, randipratama@unej.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengarah pada pengembangan e-modul berbantuan GeoGebra yang valid, praktis, dan efektif. Model pengembangan yang diterapkan merupakan model Thiagarajan (4D) dengan empat tahap yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Luaran penelitian berupa e-modul yang dapat diakses secara daring di situs web GeoGebra dan secara luring melalui modul berformat *pdf* atau *ggb*. Subjek penelitian merupakan peserta didik kelas XI MIPA 1 SMAN 2 Tanggul. Berdasarkan hasil pengembangan diperoleh e-modul yang sangat valid dengan nilai koefisien korelasi (α) sebesar 0,85, memenuhi kriteria kepraktisan dengan tingkat cukup praktis ditinjau dari perolehan skor angket respons peserta didik sebesar 76,88%, dan tergolong dalam kategori efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik yang ditinjau dari rata-rata N-Gain sebesar 0,48. E-modul yang dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi Transformasi Geometri SMA karena kemudahan dalam mengetahui hasil bayangan objek matematika dari suatu transformasi dan kemudahan dalam mengakses.

Kata Kunci: *Pengembangan, GeoGebra, Pemahaman Konsep, E-modul*

Abstract

This research have purpose to develop a valid, pratical, and effective e-modul with GeoGebra. The development model is Thiagarajan model (4D) with four stages, namely define, design, develop, and disseminate. The product of this process is an e-modul which can access by online in GeoGebra website and offline with pdf or ggb format modul. The study subject is students of XI Science 1 SMAN 2 Tanggul. Based on development results, the e-modul is very valid with correlation coefficient score (α) is 0,85, included as practicality criteria from students' scores as e-modul users wtih percentage 76,88%, and belongs to effective for improving students conceptual understanding

from average N-Gain with score 0,48. The development of e-modul are able to improve students' conceptual understanding on high school Geometry Transformation because of the ease in knowing the results of the shadows of mathematical objects from a transformation and ease of access.

Keywords: *Development, GeoGebra, Conceptual Understanding, E-modul*

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep adalah kemampuan dalam melakukan identifikasi dan mengaitkan antarobjek matematika (Sutiarso dkk., 2018). Pemahaman konsep ini dapat diperoleh peserta didik dari proses pembelajaran (Alighiri dkk., 2018). Namun, pembelajaran yang berlangsung masih terdapat peserta didik yang mengalami kesulitan karena anggapan matematika adalah pelajaran yang sukar dipahami, membosankan, bahkan menakutkan (Jamaluddin dkk., 2020). Hal ini menyebabkan kemampuan matematika peserta didik berada pada kategori rendah dalam menyelesaikan tugas berbasis konteks (OECD, 2019). Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut diperlukan inovasi dalam perangkat pembelajaran, salah satu contohnya adalah bahan ajar.

Bahan ajar merupakan himpunan materi yang tertulis secara terstruktur atau tidak tertulis yang mampu membentuk suasana nyaman bagi peserta didik ketika belajar (Sofyan dkk., 2015). Pannen dalam Sadjati (2012) berpendapat bahwa bahan ajar adalah bahan atau materi pelajaran yang dimanfaatkan dalam pembelajaran oleh guru dan peserta didik dengan struktur isi yang sistematis. Bahan ajar terdiri atas dua macam, yaitu bahan ajar cetak dan noncetak. Perbedaan keduanya terdapat pada media yang digunakan untuk mengaksesnya. Bahan ajar cetak banyak dimanfaatkan di lingkungan sekolah sedangkan bahan ajar noncetak masih belum banyak digunakan. Padahal, Lestari (2018) berpendapat bahwa bahan ajar noncetak berbantuan teknologi diperlukan agar mampu memberikan pemahaman peserta didik dalam pembelajaran. Utami (2017) juga menyampaikan bahwa penggunaan teknologi berupa media pembelajaran dibutuhkan dalam meningkatkan motivasi peserta didik dan visualisasi geometri. Dengan demikian, pembelajaran yang dilaksanakan menggunakan bantuan teknologi dapat membantu guru dan peserta didik.

Perangkat lunak atau *software* yang menunjang pembelajaran terdiri atas banyak pilihan, salah satunya adalah GeoGebra. GeoGebra adalah perangkat lunak matematika yang membantu dalam pembelajaran geometri, kalkulus, dan aljabar (Hohenwarter dkk., 2008). Pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran didasarkan atas pembelajaran matematika yang membutuhkan tiga aspek pendekatan, yaitu analitik, visual, dan numerik (Rahadyan dkk., 2018). Kemampuan GeoGebra tersebut menyebabkan GeoGebra menjadi salah satu perangkat lunak pendidikan terbaik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar noncetak. GeoGebra juga dapat diakses secara gratis oleh peserta didik maupun guru. Berdasarkan penjelasan tersebut, terdapat beberapa penelitian yang memanfaatkan GeoGebra untuk diterapkan dalam pembelajaran, di antaranya oleh: (1) Aspriyani & Suzana (2020) yang mengembangkan e-modul interaktif berbantuan GeoGebra pada materi lingkaran, (2) Marika dkk. (2020) yang mengembangkan bahan ajar untuk materi

dimensi tiga, (3) Yunitasari dkk. (2019) yang mengembangkan bahan ajar pada topik bangun ruang sisi datar, serta (4) Jamaluddin (2019) yang mengembangkan hal serupa pada materi Transformasi Geometri.

Bahan ajar berbantuan GeoGebra banyak dimanfaatkan pada beberapa materi, salah satunya adalah Transformasi Geometri. Bahan ajar yang dikembangkan menggunakan GeoGebra pada materi Transformasi Geometri yang kemudian disebut e-modul GeoGebra telah banyak dilakukan, tetapi terbatas pada submateri tertentu. Kebanyakan hanya menampilkan hasil akhir dari suatu submateri tanpa penjelasan proses. Padahal, materi tersebut berperan dalam mengembangkan kemampuan matematika peserta didik (Handayani and Sulisworo, 2021). Transformasi Geometri adalah suatu objek geometri yang mengalami perubahan letak dan ukuran serta direpresentasikan dalam gambar dan matriks (Istiqomah, 2020). Submateri Transformasi Geometri terdiri atas lima sub, yaitu translasi, refleksi, rotasi, dilatasi, dan komposisi transformasi. Materi tersebut diperlukan dalam pembelajaran dikarenakan: (1) materi transformasi geometri memberikan peluang berpikir tentang pentingnya konsep matematika kepada peserta didik, (2) menyediakan berbagai macam disiplin ilmu kontekstual, dan (3) menyediakan kesempatan untuk berpikir tingkat tinggi dengan representasi yang berbeda pada setiap peserta didik (Hollebrands, 2003). Setiap submateri yang diajarkan memiliki tingkat kesulitan berbeda. Oleh karena itu, kegiatan pembelajaran geometri yang terbatas pada pemanfaatan alat tulis membuat peserta didik kesulitan untuk merepresentasikannya (Sariyasa, 2017). Hal ini dapat menyebabkan peserta didik tidak mendapat kesempatan mengembangkan pemahaman mereka tentang konsep geometri, khususnya konsep Transformasi Geometri (Jelatu dkk., 2018). Oleh karena itu, perlu diterapkan penggunaan e-modul GeoGebra untuk menunjang kegiatan pembelajaran.

Penggunaan e-modul GeoGebra dalam pembelajaran sangat diperlukan karena kemampuannya dalam memberikan pemahaman yang sukar untuk dijelaskan (Handayani and Sulisworo, 2021). Beberapa penelitian telah dilakukan dan diperoleh respons positif, seperti penelitian oleh: (1) Puspitasari (2020) yang menghasilkan kesimpulan bahwa media pembelajaran berbasis GeoGebra mampu meningkatkan pemahaman dan nilai belajar peserta didik, (2) Marika dkk. (2020) melalui pengembangan bahan ajar dengan pendekatan saintifik mampu meningkatkan kecakapan spasial peserta didik, (3) Lestari (2018) dengan hasil pemahaman konsep peserta didik meningkat ketika sebelum dan sesudah menerapkan bahan ajar berbantuan GeoGebra, dan (4) Jamaluddin (2019) dengan perolehan hasil belajar peserta didik tuntas ketika menerapkan bahan ajar berbantuan GeoGebra.

Berdasarkan deskripsi di atas, fokus penelitian yang dilaksanakan adalah menciptakan sebuah produk berupa bahan ajar noncetak, yaitu e-modul GeoGebra. Bahan ajar tersebut akan diuji validitas, kepraktisan, dan keefektifan dalam menunjang pembelajaran serta meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

KAJIAN TEORI

A. Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep merupakan komponen penting yang berkaitan dengan kecakapan pengetahuan yang diindikasikan dengan kompetensi siswa dalam menerapkan algoritma secara runtut, efisien, dan tepat (Lestari, 2018). Pemahaman

konsep menjadi bagian dari kecakapan pembelajaran matematika yang diharapkan tercapai dengan indikator berupa pemahaman tentang konsep-konsep matematika yang dipelajari, memaparkan relasi antarkonsep dan menerapkannya dalam solusi cara yang fleksibel, akurat, efisien, dan tepat (Sutama dkk., 2019). Kilpatrick dkk. (2001) berpendapat serupa bahwa pemahaman konsep merupakan kemampuan penerapan konsep matematika, operasi matematika, maupun relasi matematika untuk suatu masalah. Berdasarkan uraian tersebut, pemahaman konsep adalah kecakapan individual peserta didik dalam menyerap, memaparkan, serta menerapkan suatu konsep, operasi, maupun relasi matematika.

Pemahaman konsep dapat diperoleh melalui kegiatan pembelajaran yang menarik (Radiusman, 2020). Pemahaman konsep dapat menjadikan pembelajaran bermakna ketika kemampuan ide antarkoneksi matematis berkembang dalam pembelajaran, memahami keterkaitan antar ide-ide matematika sehingga pemahaman komprehensif terbangun, serta matematika yang mendalam memanfaatkan konteks di luar matematika (Sutama dkk., 2019). Pemahaman konsep ini berkembang secara mandiri dan bersifat individual pada peserta didik (Yunitasari dkk., 2019). Oleh karena itu, Wardhani (2008) menerangkan bahwa pemahaman konsep telah meresap kepada peserta didik ketika individu mampu: menyatakan ulang sebuah konsep, mengklasifikasi objek menurut sifat-sifat tertentu sesuai dengan konsepnya, memberi contoh dan bukan contoh dari suatu konsep, menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis, mengembangkan syarat perlu atau syarat cukup dari suatu konsep, menggunakan dan memanfaatkan serta memilih prosedur atau operasi tertentu, dan mengaplikasikan konsep atau algoritma pada pemecahan masalah.

Komponen penting dalam pembelajaran matematika adalah pemahaman konsep (Nurani dkk., 2021). Pentingnya pemahaman konsep ini dikarenakan pengetahuan konsep dan pengetahuan prosedural saling berkaitan (Birgin and Uzun Yazıcı, 2021). Pemahaman konsep dalam pembelajaran geometri perlu dikembangkan secara efektif agar peserta didik memiliki pengetahuan konsep dan pengetahuan prosedural (Jelatu dkk., 2018). Pemahaman konsep dapat dikembangkan melalui kegiatan pembelajaran yang berelasi langsung dengan aktivitas keseharian peserta didik. Aktivitas ini akan merangsang kemampuan pemikiran matematika peserta didik sekaligus pemahaman konsep matematika (Bartell dkk., 2013). Pengukuran tingkat pemahaman konsep tersebut dilakukan dengan memanfaatkan indikator sebagai petunjuk.

Departemen Pendidikan Nasional dalam Wardhani (2008) menyatakan bahwa pemahaman konsep peserta didik dapat ditunjukkan oleh beberapa indikator. Indikator yang dimaksud adalah (1) menyatakan ulang sebuah konsep, (2) mengklasifikasi objek-objek menurut sifat-sifat tertentu sesuai dengan konsepnya, (3) memberi contoh dan bukan contoh dari suatu konsep, (4) menyajikan konsep dalam bentuk representasi matematis, (5) mengembangkan syarat perlu atau syarat cukup dari suatu konsep, (6) menggunakan dan memanfaatkan serta memilih prosedur atau operasi tertentu, dan (7) mengaplikasikan konsep atau algoritma pemecahan masalah. Indikator tertera akan diterapkan dalam studi ini.

B. Bahan Ajar

Kegiatan pembelajaran di kelas berkaitan dengan penggunaan bahan ajar.

Menurut Pannen dalam Sadjati (2012), bahan ajar merupakan bahan atau materi pelajaran yang dimanfaatkan dalam pembelajaran oleh guru dan peserta didik dengan struktur isi yang sistematis. Bahan ajar dimanfaatkan oleh guru untuk membantu menjelaskan dan menyajikan suatu materi dan dimanfaatkan oleh peserta didik untuk pembelajaran individual maupun kolektif (Sofyan dkk., 2015). Pemilihan bahan ajar hendaknya disesuaikan dengan kurikulum, karakteristik peserta didik, serta kemampuan dalam memecahkan permasalahan (Lestari, 2018). Dengan demikian, pemilihan bahan ajar yang tergolong dalam dua kelompok besar, yaitu cetak atau noncetak dapat diputuskan.

Bahan ajar cetak adalah bahan ajar yang dicetak dan disuguhkan tertulis berupa buku (Kemp dan Dayton dalam Sadjati, 2012). Bahan ajar ini sering ditemui di sekolah karena kemudahan penggunaannya. Bahan ajar cetak tidak memerlukan media khusus untuk menggunakannya, sehingga dapat diakses tanpa batasan waktu dan tempat. Sedangkan bahan ajar noncetak ialah bahan ajar yang dibuat berupa nonfisik dan memerlukan media lain untuk mengaksesnya. Bahan ajar noncetak dibuat sesuai dengan kompetensi pembelajaran dan disajikan secara spesifik (Mustafa, 2010). Bahan ajar ini mulai dimanfaatkan dalam kegiatan pembelajaran dengan cara menampilkan video, memutar suara, maupun memanfaatkan teknologi komputer. Sistem operasi komputer memuat prosedur yang terorganisir dan memudahkan dalam mengolah data (Heinich dkk., 2002). Kemudahan inilah yang membantu kegiatan pembelajaran dengan baik karena dapat meminimalkan kesalahan dan efisiensi waktu.

Penggunaan teknologi berbantuan komputer dapat menggunakan bahan ajar berbantuan perangkat lunak matematika. Pemanfaatan bahan ajar berbantuan komputer tersebut akan membantu peserta didik mengatasi kesulitan belajar (Novitasari dkk., 2021). Terdapat beberapa perangkat lunak yang dapat dimanfaatkan, seperti *Mathlab*, *Adobe Flash*, *Maple*, *GeoGebra*, dan sebagainya. Pada penelitian pengembangan ini, perangkat lunak yang dimanfaatkan adalah *GeoGebra*.

C. *GeoGebra*

Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran matematika memiliki peran utama dalam memfasilitasi pengetahuan matematika (Novitasari dkk., 2021). Selain itu, teknologi juga mampu memunculkan kegiatan diskusi antar peserta didik dan mengembangkan kemampuan pemahaman individu mereka. Pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran dilakukan dengan menerapkan beragam perangkat lunak, salah satunya adalah *GeoGebra*. *GeoGebra* adalah perangkat lunak matematika yang membantu dalam pembelajaran geometri, kalkulus, dan aljabar (Hohenwarter dkk., 2008). Penggunaan *GeoGebra* sebagai perangkat lunak pembelajaran matematika menjadi populer dalam beberapa kurun waktu terakhir (Hidayat & Tamimuddin, 2015). Hal ini dikarenakan *GeoGebra* dapat diakses oleh siapapun, tanpa batasan usia.

Penerapan *GeoGebra* dalam pembelajaran matematika membawa banyak manfaat. Syahbana (2016) menyebutkan bahwa manfaat menggunakan *GeoGebra* dalam kegiatan pembelajaran adalah: (1) dapat menampilkan visualisasi geometri secara instan dan akurat, (2) memberikan pengalaman visual berupa animasi bergerak, (3) sebagai bahan evaluasi tentang visualisasi suatu gambar geometri, dan (4) mempermudah dalam mengetahui sifat-sifat pada suatu objek matematika.

Selain itu, GeoGebra dapat diterapkan dari sekolah dasar hingga setingkat universitas. Meskipun terdapat perbedaan jenjang sekolah, GeoGebra tetap dapat diterapkan dan mampu menyesuaikan pembelajaran matematika di setiap jenjangnya. Oleh karena itu, GeoGebra mengambil peran utama dalam menunjang kegiatan pembelajaran matematika.

METODE PENELITIAN

Penerapan penelitian pengembangan ini berfokus untuk menciptakan suatu produk yang telah melalui uji kevalidan, kepraktisan, serta keefektifan. Sugiyono (2013) memaparkan bahwa penelitian dan pengembangan merupakan metode yang diterapkan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Pada studi ini, jenis penelitian pengembangan memanfaatkan model 4-D.

Model Thiagarajan (1976) atau model 4-D merupakan penelitian pengembangan yang dicetuskan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel. Pada model ini, tahapan penelitian yang dilalui yaitu tahap pendefinisian (*define*), tahap perancangan (*design*), tahap pengembangan (*develop*), dan tahap penyebaran (*disseminate*). Setiap tahapan memiliki beberapa kegiatan analisis, pemilihan media dan membuat rancangan awal bahan ajar, penilaian validator, uji coba, dan penyebaran e-modul.

Lembar angket dan lembar tes adalah instrumen yang dimanfaatkan pada penelitian ini. Sedangkan teknik pengumpulan data yang diterapkan meliputi observasi, wawancara, angket, dan tes. Sebelum pelaksanaan penelitian, kegiatan dimulai dengan observasi dan wawancara, sedangkan setelah penelitian selesai kegiatan diakhiri dengan pembagian angket. Pengumpulan data menggunakan tes dilakukan sebelum dan sesudah penerapan e-modul GeoGebra untuk mengetahui perubahan pemahaman konsep peserta didik pada materi Transformasi Geometri SMA. Subjek penelitian ini merupakan peserta didik kelas XI MIPA 1 SMAN 2 Tanggul sejumlah 36 peserta didik. Keberhasilan penelitian ini ditandai dengan e-modul GeoGebra telah valid dengan nilai koefisien korelasi (α) lebih dari 0,6, praktis dengan persentase lebih dari 65%, dan efektif dengan tingkat efektivitas lebih dari 0,3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Tahap pertama ini berisi beberapa kegiatan yang meliputi analisis awal-akhir, analisis siswa, analisis materi, analisis tugas, dan spesifikasi tujuan pembelajaran. Tujuan dari tahap ini adalah menetapkan tujuan penelitian pengembangan yaitu menunjang pemahaman konsep peserta didik pada materi Transformasi Geometri SMA dengan memanfaatkan e-modul GeoGebra. Pada analisis awal-akhir dilakukan observasi dan wawancara kepada guru mata pelajaran matematika kelas XI SMAN 2 Tanggul. Hasil observasi dan wawancara yang didapatkan adalah akses *WiFi* di sekolah, LCD proyektor pada tiap kelas, laboratorium komputer, serta akses *smartphone* selama pembelajaran berlangsung. Namun, pembelajaran yang dilakukan masih terbatas pada penggunaan LKS dan belum memanfaatkan teknologi GeoGebra. Hal ini memunculkan persoalan pada peserta didik ketika harus memahami konsep yang memerlukan visualisasi, khususnya materi Transformasi Geometri.

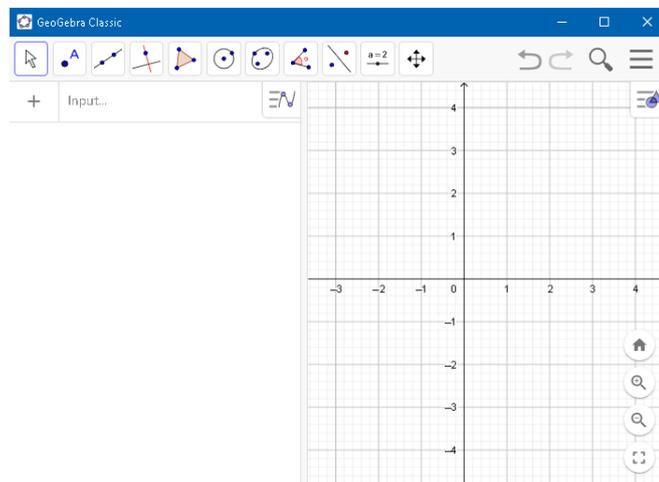
Analisis siswa yang dilakukan adalah menghimpun dan menggali informasi

karakteristik peserta didik mengenai pemahaman konsep suatu materi. Berdasarkan hasil evaluasi oleh guru, peserta didik terhambat dalam memahami konsep matematika yang berkenaan dengan visualisasi objek. Hasil dari analisis ini dipilih sebagai dasar ketika melakukan analisis materi. Berdasarkan hasil analisis materi, dipilih materi Transformasi Geometri. Pemilihan materi ini sebagai materi pengembangan e-modul GeoGebra dikarenakan ketuntasan pada materi tersebut tidak tuntas pada pembelajaran sebelumnya. Dengan demikian, pengembangan bahan ajar diperlukan guna mempermudah peserta didik menuntaskan materi.

Hasil analisis materi ditindaklanjuti dengan melakukan analisis tugas dan spesifikasi tujuan pembelajaran. Kegiatan tersebut berupa menentukan Kompetensi Dasar (KD) dan menyusun indikator pencapaian materi Transformasi Geometri kemudian disesuaikan dengan indikator pemahaman konsep.

B. Tahap Perancangan (*Design*)

Pemilihan bahan ajar, pemilihan format, dan membuat rancangan awal bahan ajar merupakan kegiatan utama pada tahap kedua. Jenis bahan ajar yang diterapkan adalah bahan ajar noncetak berbantuan komputer menggunakan perangkat lunak GeoGebra yang kemudian disebut e-modul GeoGebra. Perancangan e-modul ini dibuat semenarik mungkin guna mempermudah pemahaman konsep Transformasi Geometri dan menciptakan pembelajaran bermakna bagi peserta didik.

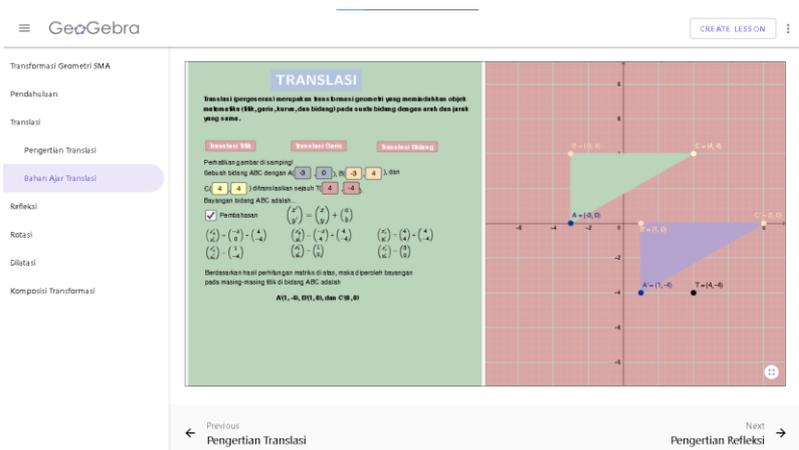


Gambar 1. Tampilan GeoGebra

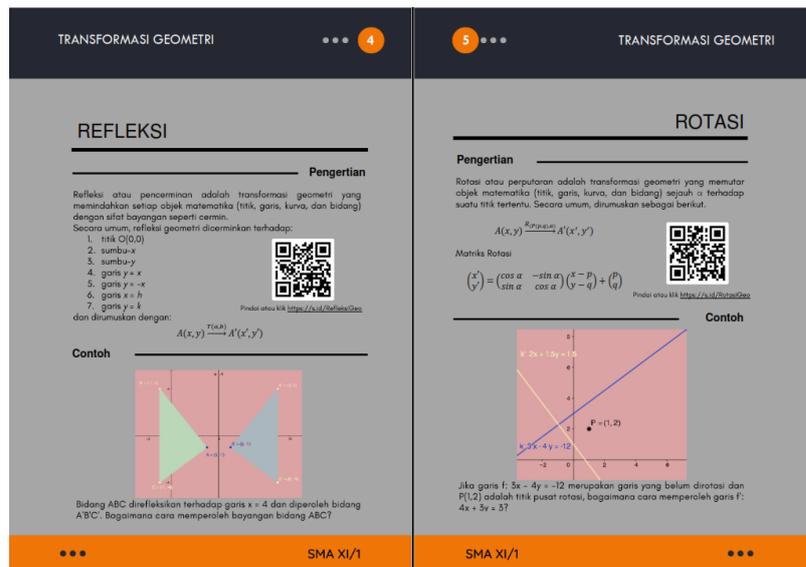
Setelah bahan ajar terpilih, kegiatan dilanjutkan dengan menentukan format dari bahan ajar yang dikembangkan. Format yang akan dikembangkan meliputi format berkas, ukuran, fitur, serta tampilan dari bahan ajar yang akan dimanfaatkan dalam kegiatan pembelajaran. Hasil pada langkah ini adalah format berkas *pdf* yang terintegrasi pada e-modul melalui *scan QR code* atau klik tautan yang tersedia dan format berkas *ggb* yang dapat diakses melalui perangkat lunak GeoGebra di perangkat komputer. Sedangkan fitur dan tampilan yang tersedia dalam e-modul GeoGebra memiliki tampilan yang mirip dengan bahan ajar cetak dan tersedia fitur menu untuk mengakses subbab Transformasi Geometri. Pada setiap submenu, akan terdapat petunjuk pengoperasian media GeoGebra. Untuk e-modul berformat *pdf*, peserta didik hanya perlu melakukan *scan QR code* yang tersedia menggunakan *smartphone*.



Gambar 2. Tampilan Workbook GeoGebra



Gambar 3. Tampilan Menu dan Submenu Workbook GeoGebra



Gambar 4. Tampilan Modul Berformat pdf

Langkah berikutnya setelah merancang e-modul adalah menyusun instrumen penelitian. Instrumen tersebut meliputi: (1) lembar angket validasi e-modul dan pedoman penilaian validasi e-modul, (2) lembar angket respons

peserta didik, lembar validasi angket respons, dan pedoman penilaian validasi angket peserta didik, serta (3) kisi-kisi soal tes, yakni *pretest* dan *posttest*, lembar soal tes dan kunci jawaban, pedoman penilaian soal tes, lembar validasi soal tes, dan pedoman penilaian validasi soal tes. Pada tahap ini dihasilkan prototipe e-modul yang disebut Draf I.

C. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Kegiatan validasi dan uji coba e-modul GeoGebra merupakan kegiatan dalam tahap pengembangan. Draf I yang dihasilkan pada tahap sebelumnya diuji kevalidannya oleh tiga validator, yaitu dua dosen Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember dan satu guru mata pelajaran matematika SMAN 2 Tanggul. Validasi yang dilakukan meliputi validasi e-modul, validasi lembar angket respons peserta didik, dan validasi soal tes. Hasil validasi tersebut kemudian dianalisis dan hasil analisis disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Validasi

Jenis Validasi	Rata-rata Total (V_a)	Koefisien Korelasi (α)
Validasi E-Modul	3,41	0,85
Validasi Lembar Angket Respons	3,64	0,91

Berdasarkan hasil analisis tersebut, e-modul GeoGebra yang dikembangkan telah valid dengan tingkat validitas sangat tinggi (Supranata dalam Hermawan, 2019). Sedangkan validasi soal tes dihitung dengan menggunakan indeks Aiken. Analisis indeks Aiken diformulasikan berikut.

$$V = \frac{\sum s}{n(c-1)} \quad (1)$$

Keterangan:

V = indeks kecocokan rater

s = $r - l_o$

r = nilai pemberian oleh validator

l_o = nilai validasi minimum (dalam hal ini = 1)

c = nilai validasi maksimum (dalam hal ini = 3)

n = total validator (dalam hal ini = 3)

Berdasarkan validasi yang dilakukan validator, diperoleh hasil analisis rata-rata indeks Aiken (V) adalah 0,86. Hasil analisis ini mengindikasikan bahwa soal tes yang disusun telah valid (Anggraini, Khumaedi, & Widowati, 2020). Proses setelah validasi adalah merevisi e-modul GeoGebra sesuai saran validator kemudian dilanjutkan dengan uji coba e-modul yang dikembangkan kepada peserta didik. Produk hasil validasi ini disebut Draf II kemudian diunggah ke *google drive* dan dibagikan melalui tautan kepada peserta didik kelas subjek yaitu XI MIPA 1 SMAN 2 Tanggul. Kegiatan penelitian berlangsung selama beberapa minggu dengan memanfaatkan e-modul dalam pembelajaran Transformasi Geometri. Sebelum menggunakan e-modul, peserta didik mengerjakan *pretest* terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan pembelajaran menggunakan e-modul melalui *smartphone*

atau perangkat komputer, mengerjakan *posttest*, dan diakhiri dengan pengisian angket respons peserta didik.

Data yang dihimpun selama penelitian meliputi skor *pretest* dan *posttest* serta skor angket respons peserta didik. Hasil analisis skor angket respons peserta didik tersaji pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Skor Rata-rata Angket Respons Peserta Didik

No.	Indikator	Skor
1.	Saya dapat mengakses bahan ajar GeoGebra dengan mudah	3.19
2.	Saya dapat mengoperasikan bahan ajar sesuai dengan petunjuk yang diberikan	3.25
3.	Saya tertarik dengan bahan ajar dalam GeoGebra	3.03
4.	Saya dapat memahami konsep transformasi geometri serta melihat konstruksinya di dalam GeoGebra	3.08
5.	Saya dapat menemukan hasil bayangan transformasi geometri di dalam GeoGebra dengan mudah	3.28
6.	Saya dapat mengidentifikasi soal	3.00
7.	Saya dapat dapat menuliskan variabel yang diketahui menjadi matriks	2.94
8.	Saya dapat menyelesaikan soal-soal tentang transformasi geometri	3.00
9.	Pembelajaran menggunakan bahan ajar GeoGebra tidak membosankan	3.11
10.	Saya termotivasi untuk belajar materi transformasi geometri setelah menggunakan bahan ajar GeoGebra ini	2.86

Skor di atas merupakan skor rata-rata angket respons peserta didik pada setiap indikator. Rata-rata skor setiap indikator ini kemudian dianalisis dan dihitung rata-rata skor total sebesar 3,08 dengan persentase sebesar 76,88%. Dalam Asnawi (2021) disebutkan bahwa persentase tersebut tergolong dalam interval $70,01\% < P \leq 85,00\%$ dengan tingkat kepraktisan cukup. Dengan demikian, e-modul GeoGebra telah praktis dan dapat diterapkan kembali dengan perbaikan kecil terlebih dahulu.

Sedangkan untuk hasil skor *pretest* dan *posttest* ini dikalkulasi berdasarkan hasil N-Gain dan digunakan untuk menentukan keefektifan e-modul dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Formula dari hasil N-Gain adalah berikut.

$$g = \frac{S_{posttest} - S_{pretest}}{S_{maksimum} - S_{pretest}} \quad (2)$$

Keterangan:

g = nilai N-Gain

$S_{pretest}$ = skor pretest peserta didik

$S_{posttest}$ = skor posttest peserta didik

$S_{maksimum}$ = skor maksimal (dalam hal ini 100)

Hasil dari analisis N-Gain dikategorikan ke dalam tingkat keefektifan yang tersaji pada Tabel 3 (Hake, 1999).

Tabel 3. Interval Kategori Keefektifan dengan N-Gain

Nilai g	Kategori Keefektifan	Jumlah Peserta Didik
$g \geq 0,7$	Tinggi	5
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang	26
$g < 0,3$	Rendah	5

Berdasarkan hasil analisis menggunakan formula (2), diperoleh hasil N-Gain dengan kategori tinggi adalah lima peserta didik, kategori sedang adalah dua puluh enam peserta didik, dan kategori rendah sejumlah lima peserta didik. Sedangkan rata-rata total N-Gain adalah 0,48 yang tergolong kategori sedang. Dengan demikian, e-modul GeoGebra cukup efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

D. Tahap Penyebaran (*Disseminate*)

Tahap penyebaran dilakukan ketika telah diperoleh e-modul GeoGebra yang sudah final, yaitu sudah valid, praktis, dan efektif. Revisi e-modul akan dilakukan apabila terdapat saran dan masukan dari pengguna. Penyebaran dilakukan secara daring melalui situs web SMAN 2 Tanggul, situs web GeoGebra, dan instagram ekstrakurikuler jurnalistik sekolah. Penyebaran secara luring juga digiatkan dengan membagikan berkas e-modul berformat *pdf* maupun berformat *ggb* dan diperbanyak dengan menyalin berkas tersebut menggunakan disket. E-modul yang disebarluaskan berupa e-modul GeoGebra dan buku panduan e-modul GeoGebra.

SIMPULAN DAN SARAN

Proses pengembangan e-modul GeoGebra pada materi Transformasi Geometri menerapkan model Thiagarajan atau model 4-D. Hasil yang diperoleh adalah e-modul GeoGebra pada materi Transformasi Geometri telah valid dengan nilai koefisien korelasi (α) sebesar 0,85 dan termasuk dalam tingkat kevalidan sangat tinggi, praktis dengan persentase skor rata-rata angket respons peserta didik sebesar 76,88%, dan memiliki tingkat keefektifan sedang dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi Transformasi Geometri ditinjau dari hasil *pretest* dan *posttest* dengan hasil N-Gain sebesar 0,48. Perbaikan dari e-modul meliputi pemilihan warna yang selaras, fon yang sesuai, serta adanya materi prasyarat. Produk dari penelitian ini adalah e-modul GeoGebra dan buku panduan e-modul GeoGebra.

Pengembangan e-modul berbantuan teknologi yang telah dilakukan masih memerlukan perbaikan. Penelitian sejenis dengan menggunakan perangkat lunak yang sama diharapkan juga diterapkan pada materi lain yang relevan, khususnya materi yang membutuhkan visualisasi. Selain itu, penelitian mendatang diharapkan mengembangkan e-modul dengan indikator berbeda agar dapat ditinjau dari sudut pandang lain dan melengkapi kekurangan penelitian ini. Dengan demikian, pemahaman konsep yang diteliti atau kemampuan lain yang diangkat menjadi pembaruan yang lebih baru.

DAFTAR RUJUKAN

- Alighiri, D., Drastisianti, A. and Susilaningsih, E. (2018) 'Pemahaman Konsep Siswa Materi Larutan Penyangga Dalam Pembelajaran Multiple Representasi', *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 12(2), pp. 2192–2200.
- Anggraini, D., Khumaedi, M. and Widowati, T. (2020) 'Validity and Reliability Contents of Independence Assessment Instruments of Basic Beauty Students for Class X SMK', *Journal of Educational Research and Evaluation*, 9(1), pp. 40–46. doi:10.15294/jere.v9i1.42558.
- Asnawi, M.H. (2021) *Pengembangan Media Pembelajaran Digital Pada Materi Transformasi Geometri Berbasis Teori Van Hiele*. UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Aspriyani, R. and Suzana, A. (2020) 'Pengembangan E-Modul Interaktif Materi Persamaan Lingkaran Berbasis Realistic Mathematics Education Berbantuan Geogebra', *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(4), pp. 1099–1111. doi:10.24127/ajpm.v9i4.3123.
- Bartell, T.G. *et al.* (2013) 'Prospective Teacher Learning: Recognizing Evidence of Conceptual Understanding', *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(1), pp. 57–79. doi:10.1007/s10857-012-9205-4.
- Birgin, O. and Uzun Yazıcı, K. (2021) 'The effect of GeoGebra software-supported mathematics instruction on eighth-grade students' conceptual understanding and retention', *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), pp. 925–939. doi:10.1111/jcal.12532.
- Hake, R.R. (1999) *Analyzing Change/Gain Scores, Indiana*. Indiana: Indiana University. doi:10.24036/ekj.v1.i1.a10.
- Handayani, I.M. and Sulisworo, D. (2021) 'Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbantuan Geogebra Pada Materi Transformasi Geometri', *Jurnal Equation*, 4(1), pp. 47–59.
- Heinich, R., Molenda, M. and Russel, J.D. (2002) *Instructional Media and Technologies for Learning*. 7th edn. New York: MacMillan.
- Hermawan, L.I. (2019) *Pengembangan E-Comic Menggunakan Pixton dan Kelase pada Materi Program Linear Dua Variabel Berbantuan Geogebra*, *Repository Universitas Jember*. Universitas Jember.
- Hidayat, F.N. and Tamimuddin, M. (2015) *Pemanfaatan Aplikasi Geogebra Untuk Pembelajaran Matematika (Dasar)*, *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan*. Yogyakarta: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Matematika.
- Hohenwarter, M. *et al.* (2008) 'Teaching and Calculus with Free Dynamic Mathematics Software GeoGebra', *11th International Congress on Mathematical Education*, 11(June 2014), pp. 1–9.
- Hollebrands, K.F. (2003) 'High School Student's Understanding of Geometric Transformation in The Context of A Technological Environment', *Journal of Mathematical Behavior*, 22(1), pp. 55–72. doi:10.1016/S0732-3123(03)00004-X.
- Istiqomah (2020) *Matematika Umum*. Mataram: Direktorat SMA. Available at: http://repositori.kemdikbud.go.id/21965/1/XI_Matematika-Umum_KD-3.5_Final.pdf.
- Jamaluddin, N.H. (2019) *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Geogebra Pada*

- Materi Transformasi Geometri Terhadap Pemahaman Konsep Siswa Kelas IX SMP Negeri 1 Mangarabombang Kab.Takalar*. UIN Alauddin Makassar.
- Jamaluddin, N.H., Sulasteri, S. and Angriani, A.D. (2020) 'Geogebra: Software Dalam Pengembangan Bahan Ajar Transformasi Geometri Geogebra', *Al asma: Journal of Islamic Education*, 2(1), pp. 121–128.
- Jelatu, S., Sariyasa and Made Ardana, I. (2018) 'Effect of GeoGebra-Aided REACT strategy on understanding of Geometry Concepts', *International Journal of Instruction*, 11(4), pp. 325–336. doi:10.12973/iji.2018.11421a.
- Kilpatrick, J., Swafford, J. and Findell, B. (2001) *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*, National Academy Press. Edited by M.L.S. Committee and N.R. Council. Washington DC: National Academy Press.
- Lestari, I. (2018) 'Pengembangan Bahan Ajar Matematika Dengan Memanfaatkan Geogebra Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep', *GAUSS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 01(01), pp. 26–36.
- Marika, D.O., Haji, S. and Herawaty, D. (2020) 'Pengembangan Bahan Ajar dengan Pendekatan Pembelajaran Santifik Berbantuan Geogebra Untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial', *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 04(02), pp. 153–163.
- Mustafa, D. (2010) *Panduan Pengembangan Bahan Ajar Non Cetak, Modul Pendamping Bahan Ajar Non Cetak*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000) *Principles and Standards for School Mathematics*. 3rd edn. Edited by NCTM.
- Novitasari, D. et al. (2021) 'Pengembangan LKPD Berbasis Geogebra Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika', *Jurnal Edukasi dan Sains Matematika*, 7(1), pp. 1–16.
- Nurani, M., Riyadi, R. and Subanti, S. (2021) 'Profil Pemahaman Konsep Matematika Ditinjau Dari Self Efficacy', *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(1), pp. 284–292. doi:10.24127/ajpm.v10i1.3388.
- OECD (2019) 'Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2018', *OECD*, pp. 1–10. Available at: https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-results-volume-iii_bd69f805-en%0Ahttps://www.oecd-ilibrary.org/sites/bd69f805-en/index.html?itmId=/content/component/bd69f805-en#fig86.
- Puspitasari, I.D. (2020) *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web Schoology Berbantuan Software Geogebra Pada Materi Fungsi Kuadrat, Digital Repository Universitas Jember*. Universitas Jember.
- Radiusman, R. (2020) 'Studi Literasi: Pemahaman Konsep Siswa Pada Pembelajaran Matematika', *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 6(1), pp. 1–8.
- Rahadyan, A., Hartuti, P.M. and Awaludin, A.A.R. (2018) 'Penggunaan Aplikasi Geogebra dalam Pembelajaran Matematika di Sekolah Menengah Pertama', *Jurnal PkM Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(01), p. 11. doi:10.30998/jurnalpkm.v1i01.2356.
- Sadjadi, I.M. (2012) 'Hakikat Bahan Ajar', in *Pengembangan Bahan Ajar*. 1st edn. Jakarta: Universitas Terbuka, pp. 1–62. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- Sariyasa (2017) 'Creating Dynamic Learning Environment to Enhance Students'

- Engagement in Learning Geometry’, *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1), pp. 6–11. doi:10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- Sofyan, A. *et al.* (2015) *Panduan Penggunaan Bahan Ajar, Pusat Pengembangan Pendidikan Anak Usia Dini, Nonformal dan Informal (PP-PAUDNI) Regional 1 Bandung*. Bandung: Pusat Pengembangan Pendidikan Anak Usia Dini, Nonformal dan Informal (PP-PAUDNI).
- Sugiyono (2013) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. 19th edn. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sutama, S. *et al.* (2019) ‘A PISA-based Student Worksheet for Better Understanding of Mathematical Concept’. doi:10.4108/eai.7-8-2019.2288432.
- Sutiarso, S., Coesamin, M. and Nurhanurawati (2018) ‘The Effect of Various Media Scaffolding on Increasing Understanding of Students’ Geometry Concepts’, *Journal on Mathematics Education*, 9(1), pp. 95–102. doi:10.22342/jme.9.1.4291.95-102.
- Syahbana, A. (2016) *Belajar Menguasai GeoGebra (Program Aplikasi Pembelajaran Matematika)*. 1st edn. Palembang: NoerFikri Offset.
- Thiagarajan, S., Semmel, D.S. and Semmel, M.I. (1976) ‘Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children’, *Journal of School Psychology*, 14(1), p. 75. doi:10.1016/0022-4405(76)90066-2.
- Utami, A.B.K.A. (2017) ‘Penggunaan Program Geogebra dan Casyopee dalam Pembelajaran Geometri Ditinjau dari Motivasi Belajar Siswa’, *Mercumatika*, 1(2), pp. 119–131.
- Wardhani, S. (2008) *Analisis SI dan SKL Mata Pelajaran Matematika SMP/MTs Untuk Optimalisasi Pencapaian Tujuan*. Edited by T. Sutanti. Yogyakarta: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Matematika.
- Yunitasari, I. *et al.* (2019) ‘Pengembangan Bahan Ajar Matematika dengan Memanfaatkan Program GeoGebra Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Kemandirian Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Bangun Ruang Sisi Datar’, *Journal of Mathematics Learning*, 2(2), pp. 1–11.